

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-195810

(43)Date of publication of application : 21.07.1999

(51)Int.Cl.

H01L 31/108

H01L 31/10

(21)Application number : 09-368211

(71)Applicant :

SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 26.12.1997

(72)Inventor :

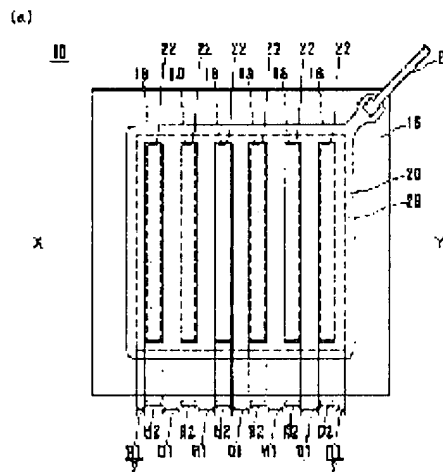
TODA TADAO

(54) SEMICONDUCTOR LIGHT RECEIVING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-sensitivity semiconductor light receiving element, by decreasing light absorption at a portion other than the light absorption layer.

SOLUTION: A Schottky electrode 20 is formed in part of a light incident surface 17 of a light absorption layer 14, and recessed and projected construction 18 is formed at a portion corresponding to a window portion 22 which is a part of the light incident surface side on a light absorption layer 14 where no Schottky electrode 20 is formed. Light passing the Schottky electrode 20 and light passing the window portion 22 without penetrating the Schottky electrode reach the light absorption layer 14. Light passing the window portion 22 is scattered by the recessed and projected construction 18, and the proportion of absorption to the depletion layer formed to the light absorption layer 14 near the Schottky electrode 20 becomes higher.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.08.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates, for example to a Schottky-barrier type semiconductor photo detector especially about a semiconductor photo detector.

[0002]

[Description of the Prior Art] Photo diode is widely applied as an element for detecting or generating light, such as a solar battery and CCD, for example, Schottky-barrier type photo diode is used for the photosensor etc. as high sensitivity photo diode.

[0003] With reference to drawing 9, the structure of the conventional Schottky-barrier type photo diode is explained.

[0004] The Schottky-barrier type photo diode 1 shown in drawing 9 n of the substrate 2 which consists of n+-SiC, and the substrate 2 formed in the principal plane on the other hand -- The optical-absorption layer 3 which consists of SiC, It has the insulator layer 4 which consists of SiO₂ formed in the circumference section on the optical-absorption layer 3, the Schottky electrode 5 formed on the optical-absorption layer 3 and the insulator layer 4, and the rear-face electrode 6 formed in the another side principal plane of a substrate 2, and pulls out to the Schottky electrode 5, and an electrode 7 is connected.

[0005] In the Schottky-barrier type photo diode 1 shown in drawing 9, by absorbing the light which carries out incidence from the Schottky electrode 5 side in the optical-absorption layer 3, an electron-hole pair generates in the optical-absorption layer 3, and a current flows by separating these electron-hole pairs. Therefore, the light absorbed in the optical-absorption layer 3 among incident lights is detected as a current.

[0006] Here, what was suitable for the wavelength of the light to detect as a semiconductor used for the optical-absorption layer 3 is used. That is, to the parvus light of energy, the parvus semiconductor of a band gap, for example, InP etc., is used like infrared light. On the other hand, to a large light of energy, the large semiconductor of a band gap like SiC or GaN is suitable like a ultraviolet radiation. When the parvus semiconductor of a band gap is used to a large light of energy, it is because only a large light of energy is undetectable.

[0007] Moreover, generally, the Schottky electrode 5 consists of metal thin films, such as gold with a thickness of about 0.2 micrometers, and is formed on the optical-absorption layer 3 of the fraction in which the insulator layer 4 top and the insulator layer 4 are not formed by vacuum deposition etc. Therefore, the Schottky electrode 5 will be formed all over the light-receiving section of the Schottky-barrier type photo diode 1.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] With the above-mentioned conventional technique, when an incident light was absorbed by the Schottky electrode 5, the light which reaches the optical-absorption layer 3 decreased, and there was a problem that photographic sensitivity (the occurrence current over the amount of incident lights comparatively) fell. For example, when the ultraviolet radiation with the large absorption by the Schottky electrode 5 etc. was an incident light, even if it was the case where the silver with few ultraviolet absorption of lights was used as a Schottky electrode 5, 30% of abbreviation of an incident light is absorbed by the Schottky electrode 5, and they caused the photographic-sensitivity fall. On the other hand, although it can consider decreasing the optical absorption of the Schottky electrode 5 by making thickness of the Schottky electrode 5 thin, if the Schottky electrode 5 is made thin, resistance by the Schottky electrode 5 will become large, the electric field within an optical-absorption layer will become uneven, and it will become the cause that photographic sensitivity falls too.

[0009] So, the main purpose of this invention is offering the semiconductor photo detector with high photographic sensitivity by decreasing the optical absorption in fractions other than an optical-absorption layer.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, a semiconductor photo detector according to claim 1 It has the junction cambium prepared in the optical plane of incidence of the optical-absorption layer which consists of a semiconductor, and an optical-absorption layer. It has the fraction which is the semiconductor photo detector which detects the light which carried out incidence to the light-receiving section by the optical-absorption layer, and does not prepare a junction cambium in a part of optical plane of incidence of an optical-absorption layer, and is characterized by preparing a light-scattering means in the optical plane of incidence of an optical-absorption layer in the fraction which does not prepare a junction cambium.

[0011] A semiconductor photo detector according to claim 2 is characterized by a light-scattering means consisting of the concavo-convex structure prepared in the optical plane of incidence of an optical-absorption layer in a semiconductor photo detector according to claim 1.

[0012] It is characterized by for an optical-absorption layer consisting of a crystal system semiconductor in a semiconductor photo detector according to claim 1 in a semiconductor photo detector according to claim 3, and a light-scattering means consisting of an amorphous field established in the optical plane-of-incidence side of an optical-absorption layer.

[0013] In a semiconductor photo detector according to claim 3, the interface of an amorphous field and an optical-absorption layer of a semiconductor photo detector according to claim 4 is a toothing-like.

[0014] It is formed in the fraction on a semiconductor photo detector according to claim 1 to 4 and corresponding to [photo detector / semiconductor / according to claim 5 / cambium / junction / including a window part] the window part of an optical-absorption layer in a light-scattering means.

[0015] In a semiconductor photo detector according to claim 1 to 5, the area of the fraction in which the junction cambium is not formed among the light-receiving sections of a semiconductor photo detector according to claim 6 is 40% or less of the area of the light-receiving section.

[0016] In a semiconductor photo detector according to claim 1, since a junction cambium (it is the layer for forming a junction formed on an optical-absorption layer, and is the semiconductor layer of the conductivity type which is different from an optical-absorption layer by the Schottky electrode, pn photo diode, and the pin photodiode in Schottky-barrier type photo diode.) is formed in a part of optical plane of incidence (one principal plane by the side of the optical incidence of an optical-absorption layer) of an optical-absorption layer, absorption of the incident light in a junction cambium, i.e., a loss of an incident light, decreases.

[0017] Moreover, since incident lights are scattered about with the light-scattering means prepared in the fraction in which a junction cambium is not prepared, the rate which the incident light which passed the fraction in which a junction cambium is not prepared is absorbed also in the optical-absorption layer directly under a junction cambium, and is absorbed by the depletion layer formed in the optical-absorption layer near the junction cambium becomes high. Therefore, the semiconductor photo detector of a high sensitivity is obtained rather than the conventional semiconductor photo detector.

[0018] In a semiconductor photo detector according to claim 2, a light-scattering means consists of the concavo-convex structure prepared in the optical plane of incidence of an optical-absorption layer, and since the light which carried out incidence to the semiconductor photo detector is scattered about according to concavo-convex structure, photographic sensitivity becomes high.

[0019] In a semiconductor photo detector according to claim 3, a light-scattering means consists of an amorphous field established in the optical plane-of-incidence side of an optical-absorption layer, and since the light which carried out incidence to the semiconductor photo detector is scattered about by the amorphous field, photographic sensitivity becomes high.

[0020] In a semiconductor photo detector according to claim 4, the interface of an amorphous field and an optical-absorption layer is a toothing-like, when the light which carried out incidence to the semiconductor photo detector is scattered about according to the interface of an amorphous field and an amorphous field, and an optical-absorption layer, the rate of the incident light absorbed by the depletion layer in an optical-absorption layer becomes high, and photographic sensitivity becomes still high.

[0021] In a semiconductor photo detector according to claim 5, since the light which passed the window part is scattered about by the light-scattering means and absorbed by the depletion layer of the window part circumference including a window part, photographic sensitivity of a junction cambium improves.

[0022] A semiconductor photo detector according to claim 6 will make area of the fraction in which the junction cambium is not formed among the light-receiving sections 40% or less of the area of the light-receiving section in view of a fall of the photographic sensitivity by a decrement of the light absorbed within a depletion layer, increase of resistance by the junction cambium, etc. arising, if area of the fraction in which the junction cambium is not formed among the light-receiving sections is enlarged too much.

[0023]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the gestalt of implementation of this invention is explained with reference to a drawing.

[0024] With reference to drawing 1, the 1 operation gestalt at the time of applying this invention to photo diode is explained. About the Schottky-barrier type photo diode for which especially this operation gestalt used the concavo-convex structure of an optical-absorption layer front face as a light-scattering means, drawing 1 (a) is a plan and drawing 1 (b) is the end view of the orientation of X-Y of drawing 1 (a).

[0025] The Schottky-barrier type photo diode 10 shown in drawing 1 For example, n of the substrate 12 which consists of n+-SiC, and the substrate 12 formed in the principal plane on the other hand -- The optical-absorption layer 14 which consists of SiC, The insulator layer 16 which consists of SiO₂ formed in the circumference section on the optical-absorption layer 14, It has the Schottky electrode 20 which it reaches on an insulator layer 16 in part, and was formed in a part of optical plane of incidence 17 of the optical-absorption layer 14, the rear-face electrode 24 formed in the another side principal plane of a substrate 12, and the drawer electrode 26 connected to the Schottky electrode 20.

[0026] Moreover, the Schottky electrode 20 has the window part 22 of the shape of a strip of paper of the width of face W2 formed by being parallel at the spacing W1, it is a part of optical-absorption layer 14, and the concavo-convex structure 18 is formed in the fraction corresponding to a window part 22.

[0027] Here, the light the light-receiving section 28 shown in drawing 1 (a) carried out [light] incidence to this light-receiving section 28 including the fraction in which the contact fraction and the window part 22 of the optical-absorption layer 14 and the Schottky electrode 20 are formed is detected as a current.

[0028] In addition, for the substrate 12 which consists of n+-SiC, impurity concentration is $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ and n in 300 micrometers in thickness. -- As for the optical-absorption layer 14 which consists of SiC, impurity concentration uses [thickness] three or less [$1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$] thing by 10 micrometers. Moreover, the concavo-convex structure 18 is constituted by the minute irregularity of 0.1 micrometers or less of abbreviation formed in the front face of the optical-absorption layer 14, and the Schottky electrode 20, the rear-face electrode 24, and the drawer electrode 26 are formed with metals, such as silver, nickel, and gold, respectively.

[0029] In order that the light which reaches the optical-absorption layer 14 without penetrating the light and the Schottky electrode 20 which penetrate the Schottky electrode 20 among the light which carries out incidence to photo diode in the Schottky-barrier type photo diode 10 shown in drawing 1, and reach the optical-absorption layer 14 may form an electron-hole pair in the optical-absorption layer 14, there are few incident lights which are absorbed by the Schottky electrode 20 and lost than the conventional photo diode, and photographic sensitivity improves.

[0030] Furthermore, by being scattered about according to the concavo-convex structure 18 where the incident light which reaches the optical-absorption layer 14 without penetrating the Schottky electrode 20 was formed in a part of optical-absorption layer 14, photographic sensitivity improves more so that it may state below.

[0031] Drawing 2 is an illustration view showing that the light which carried out incidence to the Schottky-barrier type photo diode 10 is scattered about according to the concavo-convex structure 18. Even if it is the case where light carries out incidence aslant as shown in drawing 2 (b) even if it was the case where light carried out incidence at right angles to concavo-convex structure as shown in drawing 2 (a), incident lights are scattered about according to the concavo-convex structure 18, and become that it is easy to be absorbed by the depletion layer 30 formed in the about 20 Schottky electrode optical-absorption layer 14. Since it dissociates quickly, without carrying out a reunion etc., photographic sensitivity of the electron-hole pair generated by the light absorbed by the depletion layer 30 will improve. In addition, although the size of a depletion layer 30 changes with the impurity concentration of the optical-absorption layer 14, bias voltage, etc., there is no change in the rate which incident lights are scattered about and absorbed by the concavo-convex structure 18 by the depletion layer becoming high.

[0032] Drawing 3 is a graph which shows the relation of the rate of the area of a window part 22 and photographic sensitivity which are occupied in the area of the light-receiving section 28 in the operation gestalt of drawing 1. The rate of the area of a window part 22 was changed by changing the spacing W1 and the width of face W2 of a window part 22. In a graph, the case where the value of a quadrature axis is 0 corresponds to the Schottky-barrier type photo diode of structure conventionally.

[0033] As shown in drawing 3, when area of a window part 22 is considered as 40% or less of abbreviation of the area of the light-receiving section 28, photographic sensitivity becomes high from the thing of structure conventionally. Moreover, when area of a window part 22 is made into less than [of the area of the light-receiving section 28 / more than abbreviation 12%29%], photographic sensitivity becomes high 5% or more from the thing of structure conventionally. Furthermore, when area of a window part 22 is considered as 20% of abbreviation of the area of the light-receiving section 28, photographic sensitivity serves as the maximum, and compared with structure, photographic sensitivity improves 6% of abbreviation conventionally. In addition, since the relation of the area of a window part 22 and photographic sensitivity which are occupied in the area of the light-receiving section 28 changes with the configuration of a window part 22, the modality of semiconductor material used for the optical-absorption layer 14, the configurations of the concavo-convex structure 18, etc. variously, drawing 3 shows an example in it.

[0034] With reference to drawing 4, an example of the manufacture technique of the Schottky-barrier type photo diode 10 shown in drawing 1 is explained.

[0035] First, as shown in drawing 4 (a), it is undoping n of impurity concentration $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ in 300 micrometers in thickness on the n+-substrate 12 which consists of SiC of impurity concentration $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$. -- The optical-absorption layer 14 which consists of SiC is grown epitaxially by 10-micrometer Atsushi, and the insulator layer 16 which consists of SiO₂ on the optical-absorption layer 14 is formed in thickness of 0.2 micrometers by sputtering etc. after that. Here, a substrate 12 is a substrate turned off 3 times in the 6H-[11-20] orientation from Si (0001) side of SiC.

[0036] Next, as shown in drawing 4 (b), a ***** process and an etching process remove a part of insulator layer 16 alternatively. At this time, the fraction which removes an insulator layer 16 is a fraction in which the concavo-convex structure 18 is formed, for example, the insulator layer 16 of the fraction corresponding to the concavo-convex structure 18 is removed in the shape of a strip of paper in the operation gestalt of drawing 1.

[0037] Then, about 0.1 micrometers etches the optical-absorption layer 14 using the RIE method (the Reactive Ion Etching method), using an insulator layer 16 as a mask. What is necessary is to be 20Pa of reaction pressure, and the conditions of electric discharge output 200W, and just to perform predetermined time etching as a reaction condition, for example, using CF₄ of flow rate 70sccm, and O₂ gas of flow rate 80sccm as reactant gas. Of this, as shown in drawing 4 (c), the concavo-convex structure 18 is formed in a part of optical-absorption layer 14 corresponding to the fraction in which the insulator layer 16 is not formed.

[0038] Furthermore, as shown in drawing 4 (d), a ***** process and an etching process remove alternatively the insulator layer 16 of a fraction in which the Schottky electrode 20 is formed.

[0039] Next, as shown in drawing 4 (e), after forming alternatively the Schottky electrode 20 on the optical plane of incidence 17 of the optical-absorption layer 14 in which concavo-convex structure is not formed which reaches in part and becomes the part on an insulator layer 16 from silver, the rear-face electrode 24 which becomes the rear-face side of a substrate 12 from nickel is formed, and although illustration has not been carried out, it is pulled out to the Schottky electrode 20 and connects an electrode 26. The fraction in which the Schottky electrode 20 is not formed on the optical-absorption layer 14 serves as a window part 22.

What is necessary is just to carry out the lift off of the photoresist, after depositing silver on the patternized photoresist as the technique of forming a Schottky electrode alternatively. In addition, as for the thickness of a Schottky electrode, it is desirable to set a Schottky electrode to about 0.1-0.2 micrometers in consideration of increase of the optical absorption by thickening and the increase in resistance by making it thin.

[0040] Thus, the Schottky-barrier type photo diode 10 is formed. The band gap uses 2.9eV (300K) 6H-SiC as an optical-absorption layer 14, and the Schottky-barrier type photo diode 10 of this operation gestalt turns into the photo diode which has the peak of photographic sensitivity in 270nm. Such photo diode is used for a flame sensor, a fire detector, a suntan alarm, etc. By lessening optical absorptions other than an optical-absorption layer, this invention raises photographic sensitivity and the optical absorption in a Schottky electrode is suitable to the ultraviolet-radiation field which becomes large for it like this operation gestalt especially in the photo diode which has a photographic-sensitivity peak.

[0041] Other operation gestalt of this invention is explained with reference to drawing 5. About the Schottky-barrier type photo diode for which especially this operation gestalt used the amorphous field as a light-scattering means, drawing 5 (a) is a plan and drawing 5 (b) is the end view of the orientation of X-Y of drawing 5 (a).

[0042] The amorphous field 32 is formed on the optical-absorption layer 14 at the fraction corresponding to [as compared with the Schottky-barrier type photo diode 10 of drawing 1] a window part 22 in Schottky-barrier type photo diode 10a shown in drawing 5, and the interfaces of the optical-absorption layer 14 and the amorphous field 32 differ in that it has the shape of a toothing. However, since it is the same about other structures, the overlapping explanation is omitted. In addition, the amorphous field 32 is amorphous SiC, for example.

[0043] In Schottky-barrier type photo diode 10a shown in drawing 5, there are few incident lights which are absorbed by the Schottky electrode 20 and lost like the Schottky-barrier type photo diode 10 of drawing 1 than the conventional photo diode, and photographic sensitivity improves.

[0044] Furthermore, since it is scattered about by the amorphous field 32 in which the incident light which reaches the optical-absorption layer 14 without penetrating the Schottky electrode 20 adjoins a part of optical-absorption layer 14, and was formed, photographic sensitivity improves more.

[0045] Drawing 6 is an illustration view showing that the light which carried out incidence to Schottky-barrier type photo diode 10a is scattered about by the amorphous field 32. Since structure of the amorphous field [32] is uneven, the light which carried out incidence to this is scattered about in the amorphous field 32. Moreover, since the interface of an optical-absorption layer and the amorphous field 32 has the shape of a toothing, light is scattered about also in this interface. Therefore, even if it is the case where light carries out incidence aslant as shown in drawing 6 (b) even if it was the case where light carried out incidence at right angles to concavo-convex structure as shown in drawing 6 (a), incident lights are scattered about and become that it is easy to be absorbed by the depletion layer 30 formed in the about 20 Schottky electrode optical-absorption layer 14. Since it dissociates quickly, without recombining, photographic sensitivity of the electron-hole pair generated by the optical absorption in a depletion layer 30 will improve.

[0046] Drawing 7 is a graph which shows the relation of the rate of the area of a window part 22 and photographic sensitivity which are occupied in the area of the light-receiving section 28 in this operation gestalt. The rate of the area of a window part 22 was changed by changing the spacing W1 and the width of face W2 of a window part 22. In a graph, the case where the value of a quadrature axis is 0 corresponds to the Schottky-barrier type photo diode of structure conventionally.

[0047] As shown in drawing 7, when area of a window part 22 is considered as 40% or less of abbreviation of the area of the light-receiving section 28, photographic sensitivity becomes high from the thing of structure conventionally. Moreover, when area of a window part 22 is made into less than [of the area of the light-receiving section 28 / more than abbreviation 13%27%], photographic sensitivity becomes high 5% or more from the thing of structure conventionally. Furthermore, when area of a window part 22 is considered as 20% of abbreviation of the area of the light-receiving section 28, photographic sensitivity serves as the maximum, and compared with structure, photographic sensitivity improves 6% of abbreviation conventionally. In addition, drawing 7 shows an example of change of photographic sensitivity like drawing 3.

[0048] With reference to drawing 8, an example of the manufacture technique of Schottky-barrier type photo diode 10a shown in drawing 5 is explained.

[0049] First, as shown in drawing 8 (a), it is undoping n of impurity concentration $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ in 300 micrometers in thickness on the n+-substrate 12 which consists of SiC of impurity concentration $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$. -- The optical-absorption layer 14 which consists of SiC is grown epitaxially by 10-micrometer Atsushi, and the insulator layer 16 which consists of SiO₂ on the optical-absorption layer 14 is formed in thickness of 0.2 micrometers by sputtering etc. after that. Here, a substrate 12 is a substrate turned off 3 times in the 6H-[11-20] orientation from Si (0001) side of SiC.

[0050] Next, as shown in drawing 8 (b), a ***** process and an etching process remove a part of insulator layer 16 alternatively. Since the amorphous field 32 will be formed in the fraction which removed the insulator layer 16 at this time, in the operation gestalt of drawing 5, the insulator layer 16 of the fraction corresponding to the amorphous field 32 is removed in the shape of a strip of paper.

[0051] Then, as shown in drawing 8 (c), by carrying out the ion implantation of the ion, such as hydrogen, an argon, nitrogen, and oxygen, to 0.2 or the depth of 0.3 micrometers of the optical-absorption layer 14, using an insulator layer 16 as a mask, a part of optical-absorption layer 14 corresponding to the fraction in which the insulator layer 16 is not formed is made amorphous, and the amorphous field 32 which consists of amorphous SiC is formed. Since the depth of the ion poured in is not fixed at this time, the flat surface with the smooth interface of the amorphous field 32 and an optical-absorption layer does not become, but uneven

irregularity is formed.

[0052] Furthermore, as shown in drawing 8 (d), a ***** process and an etching process remove alternatively the insulator layer 16 of a fraction in which the Schottky electrode 20 is formed.

[0053] Next, as shown in drawing 8 (e), after forming alternatively the Schottky electrode 20 on the optical plane of incidence 17 of the optical-absorption layer 14 which reaches in part and becomes the part on an insulator layer 16 from silver, the rear-face electrode 24 which becomes the rear-face side of a substrate 12 from nickel is formed, and although illustration has not been carried out, it is pulled out to the Schottky electrode 20 and connects an electrode 26. The fraction in which the Schottky electrode 20 is not formed on the optical-absorption layer 14 serves as a window part 22. About the formation technique of the Schottky electrode 20, and the thickness, it is the same as that of what was explained in drawing 4 (e).

[0054] Thus, Schottky-barrier type photo diode 10a is formed.

[0055] As mentioned above, although the example was given and explained about the operation gestalt of this invention, this invention is not limited to the above-mentioned operation gestalt, and can be carried out with other various gestalt based on the technical thought of this invention.

[0056] For example, with the above-mentioned operation gestalt, although Schottky-barrier type photo diode was explained, this invention can be carried out also in a pin photodiode or pn photo diode. Namely, in the case of a pin photodiode etc., in the drawing 4 (e) or the drawing 8 (e), you should just form alternatively the semiconductor layer of the conductivity type different from an optical-absorption layer instead of forming the Schottky electrode 20 alternatively. Also in a pin photodiode etc., also in Schottky-barrier type diode, since a junction cambium is formed in a part of light-receiving section, a loss of the light in a junction cambium decreases and photographic sensitivity improves. In addition, what is necessary is just to use the technique of pouring in a dopant as the technique of forming alternatively the semiconductor layer of the conductivity type different from an optical-absorption layer in the part on an optical-absorption layer, using SiO₂ etc. as a mask etc.

[0057] Moreover, at the above-mentioned operation gestalt, it is n as an optical-absorption layer. -- Although SiC was used, a genuineness or p type semiconductor may be used, and other semiconductor materials, such as Si, GaN, and InP, may be used.

[0058] Furthermore, although the silver with few ultraviolet absorption of lights as a Schottky electrode was used with the above-mentioned operation gestalt, if it is the metal which forms an optical-absorption layer and a Schottky barrier, according to the wavelength of the light to detect, materials, such as gold, molybdenum, titanium, and a tungsten, can be chosen and used suitably.

[0059] Moreover, with the above-mentioned operation gestalt, although 6H-SiC was used as an optical-absorption layer, you may use other semiconductor materials. For example, by using 3C-SiC whose band gap is 2.2eV (300K), the photo diode corresponding to light 520nm or less in wavelength can be formed, and it can use for a fire detector, a flame sensor, a blue sensor, etc. Moreover, by using 4H-SiC whose band gap is 3.2eV (300K), the photo diode corresponding to light 340nm or less in wavelength can be formed, and it can use for the number quantity of light monitor of ultraviolet linear lights, a suntan alarm, etc.

[0060] Furthermore, although the above-mentioned operation gestalt showed the case where the Schottky electrode which has a window part was formed as gestalt which forms a junction in the part by the side of the optical plane of incidence of an optical-absorption layer, the Schottky electrode of the configuration of other technique, for example, a comb form etc., may be used, and you may be anything about the configuration and number of window parts. In addition, it is more advantageous for the boundary line of the fraction in which the Schottky electrode is not formed, and the fraction currently formed to consider as long electrode structure, since the rate the light which carried out incidence carries out [a rate] incidence to a depletion layer by dispersion becomes high so that it is close to the boundary line of the fraction in which the Schottky electrode is not formed, and the fraction currently formed. Therefore, photographic sensitivity becomes [the direction in which many minute window parts, such as the shape of the shape of a square and a circle, are formed] high.

[0061]

[Effect of the Invention] According to this invention, the semiconductor photo detector with high photographic sensitivity can be obtained by decreasing the optical absorption in fractions other than an optical-absorption layer.

[Translation done.]



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11195810 A**(43) Date of publication of application: **21.07.99**

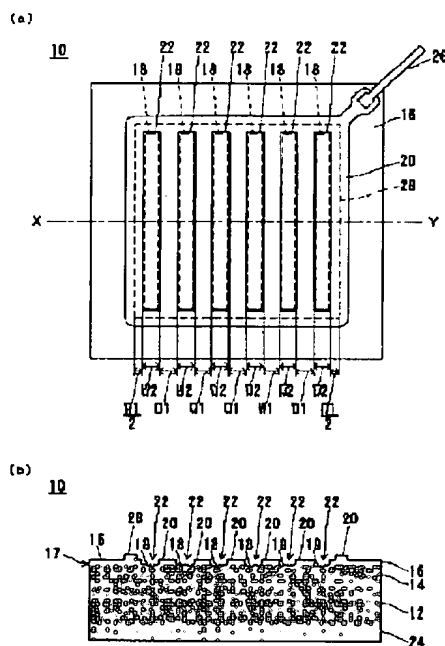
(51) Int. Cl.

H01L 31/108**H01L 31/10**(21) Application number: **09368211**(71) Applicant: **SANYO ELECTRIC CO LTD**(22) Date of filing: **26.12.97**(72) Inventor: **TODA TADAO****(54) SEMICONDUCTOR LIGHT RECEIVING ELEMENT****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-sensitivity semiconductor light receiving element, by decreasing light absorption at a portion other than the light absorption layer.

SOLUTION: A Schottky electrode 20 is formed in part of a light incident surface 17 of a light absorption layer 14, and recessed and projected construction 18 is formed at a portion corresponding to a window portion 22 which is a part of the light incident surface side on a light absorption layer 14 where no Schottky electrode 20 is formed. Light passing the Schottky electrode 20 and light passing the window portion 22 without penetrating the Schottky electrode reach the light absorption layer 14. Light passing the window portion 22 is scattered by the recessed and projected construction 18, and the proportion of absorption to the depletion layer formed to the light absorption layer 14 near the Schottky electrode 20 becomes higher.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-195810

(43)公開日 平成11年(1999) 7月21日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 1 L 31/108
31/10

識別記号

F I

H 0 1 L 31/10

C

H

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-368211

(22)出願日 平成9年(1997)12月26日

(71)出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72)発明者 戸田 忠夫

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

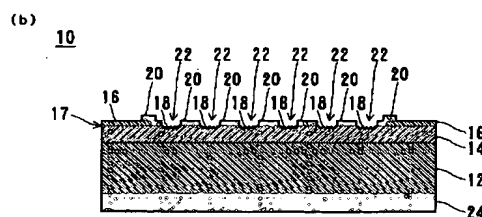
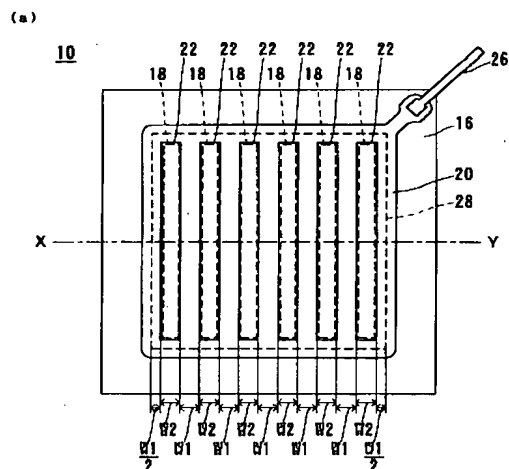
(74)代理人 弁理士 辰巳 忠宏

(54)【発明の名称】 半導体受光素子

(57)【要約】

【課題】 光吸収層以外の部分での光吸収を減少させることによって、感度の高い半導体受光素子を提供する。

【解決手段】 光吸収層14の光入射面17の一部にショットキー電極20を形成し、光吸収層14上の光入射面側の一部であってショットキー電極20が形成されていない窓部22に対応する部分に凹凸構造18を形成する。ショットキー電極20を透過する光とショットキー電極20を透過しないで窓部22を通過する光とが光吸収層14に到達する。窓部22を通過する光は、凹凸構造18によって散乱され、ショットキー電極20近傍の光吸収層14に形成される空乏層30に吸収される割合が高くなる。





【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体からなる光吸収層および該光吸収層の光入射面に設けられた接合形成層を備え、前記光吸収層により受光部に入射した光を検知する半導体受光素子であって、前記光吸収層の光入射面の一部に、前記接合形成層を設けない部分を備え、該接合形成層を設けない部分において、前記光吸収層の光入射面に光散乱手段を設けたことを特徴とする半導体受光素子。

【請求項2】 前記光散乱手段は前記光吸収層の光入射面に設けられた凹凸構造からなることを特徴とする、請求項1に記載の半導体受光素子。

【請求項3】 前記光吸収層は結晶系半導体からなり、前記光散乱手段は前記光吸収層の光入射面側に設けられたアモルファス領域からなることを特徴とする、請求項1に記載の半導体受光素子。

【請求項4】 前記アモルファス領域と前記光吸収層との界面は凹凸形状である、請求項3に記載の半導体受光素子。

【請求項5】 前記接合形成層は窓部を含み、前記光散乱手段が前期光吸収層の前記窓部に対応する部分に形成される、請求項1ないし4のいずれかに記載の半導体受光素子。

【請求項6】 前記受光部のうち前記接合形成層が形成されていない部分の面積は、前記受光部の面積の40%以下である、請求項1ないし5のいずれかに記載の半導体受光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は半導体受光素子に関し、特にたとえばショットキー障壁型の半導体受光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】フォトダイオードは、太陽電池、CCDなど光を検知または発電するための素子として広く応用されており、たとえばショットキー障壁型フォトダイオードは、高感度なフォトダイオードとして、光センサー等に用いられている。

【0003】図9を参照して、従来のショットキー障壁型フォトダイオードの構造について説明する。

【0004】図9に示すショットキー障壁型フォトダイオード1は、 n^+SiC からなる基板2と、基板2の一方主面に形成された n^+SiC からなる光吸収層3と、光吸収層3上の周辺部に形成された SiO_2 からなる絶縁膜4と、光吸収層3上および絶縁膜4上に形成されたショットキー電極5と、基板2の他方主面に形成される裏面電極6とを備え、ショットキー電極5には引き出し電極7が接続される。

【0005】図9に示すショットキー障壁型フォトダイ



(2)

特開平11-195810

2

オード1においては、ショットキー電極5側から入射する光が光吸収層3で吸収されることによって光吸収層3で電子正孔対が生成し、これらの電子正孔対が分離されることによって電流が流れる。したがって、入射光のうち光吸収層3で吸収される光が、電流として検知される。

【0006】ここで、光吸収層3に用いられる半導体としては、検出する光の波長に適したものが用いられる。すなわち、赤外光のようにエネルギーの小さい光に対しては、バンドギャップの小さい半導体、たとえばInP等が用いられる。一方、紫外光のようにエネルギーの大きい光に対しては、SiCやGaNのようなバンドギャップの大きい半導体が適している。エネルギーの大きい光に対してバンドギャップの小さい半導体を用いると、エネルギーの大きい光のみを検出することができないからである。

【0007】また、一般的に、ショットキー電極5は厚さ0.2 μm 程度の金等の金属薄膜からなり、真空蒸着などによって、絶縁膜4上および絶縁膜4が形成されていない部分の光吸収層3上に形成される。したがって、ショットキー電極5は、ショットキー障壁型フォトダイオード1の受光部の全面に形成されることとなる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術では、ショットキー電極5に入射光が吸収されることによって、光吸収層3に到達する光が減少し、感度（入射光量に対する発生電流の割合）が低下するという問題があった。たとえば、ショットキー電極5での吸収が大きい紫外光等が入射光である場合には、紫外光の吸収の少ない銀をショットキー電極5として用いた場合であっても入射光の略30パーセントがショットキー電極5に吸収され、感度低下の原因となっていた。これに対し、ショットキー電極5の厚さを薄くすることによってショットキー電極5の光吸収を減少させることが考えられるが、ショットキー電極5を薄くするとショットキー電極5での抵抗が大きくなって光吸収層内での電界が不均一となり、やはり感度が低下する原因となってしまう。

【0009】それゆえに、この発明の主たる目的は、光吸収層以外の部分での光吸収を減少させることによって、感度の高い半導体受光素子を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に記載の半導体受光素子は、半導体からなる光吸収層および光吸収層の光入射面に設けられた接合形成層を備え、光吸収層により受光部に入射した光を検知する半導体受光素子であって、光吸収層の光入射面の一部に、接合形成層を設けない部分を備え、接合形成層を設けない部分において、光吸収層の光入射面に光散乱手段を設けたことを特徴とするものである。

【0011】請求項2に記載の半導体受光素子は、請求



項1に記載の半導体受光素子において、光散乱手段は光吸収層の光入射面に設けられた凹凸構造からなることを特徴とするものである。

【0012】請求項3に記載の半導体受光素子は、請求項1に記載の半導体受光素子において、光吸収層は結晶系半導体からなり、光散乱手段は光吸収層の光入射面側に設けられたアモルファス領域からなることを特徴とするものである。

【0013】請求項4に記載の半導体受光素子は、請求項3に記載の半導体受光素子において、アモルファス領域と光吸収層との界面は凹凸形状であるものである。

【0014】請求項5に記載の半導体受光素子は、請求項1ないし4のいずれかに記載の半導体受光素子において、接合形成層は窓部を含み、光散乱手段が光吸収層の窓部に対応する部分に形成されるものである。

【0015】請求項6に記載の半導体受光素子は、請求項1ないし5のいずれかに記載の半導体受光素子において、受光部のうち接合形成層が形成されていない部分の面積が、受光部の面積の40%以下であるものである。

【0016】請求項1に記載の半導体受光素子では、接合形成層（光吸収層上に形成される、接合を形成するための層であり、ショットキー障壁型フォトダイオードではショットキー電極、pnフォトダイオードおよびpinフォトダイオードでは光吸収層と異なる導電型の半導体層である。）が光吸収層の光入射面（光吸収層の光入射側の一主面）の一部にのみ形成されるため、接合形成層での入射光の吸収、すなわち入射光の損失が少なくなる。

【0017】また、入射光が、接合形成層が設けられない部分に設けられた光散乱手段で散乱されるため、接合形成層が設けられない部分を通過した入射光が、接合形成層直下の光吸収層においても吸収され、接合形成層近傍の光吸収層に形成される空乏層に吸収される割合が高くなる。したがって、従来の半導体受光素子よりも高感度の半導体受光素子が得られる。

【0018】請求項2に記載の半導体受光素子では、光散乱手段は光吸収層の光入射面に設けられた凹凸構造からなり、半導体受光素子に入射した光が凹凸構造によって散乱されるため感度が高くなる。

【0019】請求項3に記載の半導体受光素子では、光散乱手段は光吸収層の光入射面側に設けられたアモルファス領域からなり、半導体受光素子に入射した光がアモルファス領域によって散乱されるため、感度が高くなる。

【0020】請求項4に記載の半導体受光素子では、アモルファス領域と光吸収層との界面が凹凸形状であり、半導体受光素子に入射した光がアモルファス領域、およびアモルファス領域と光吸収層との界面によって散乱されることによって、光吸収層内の空乏層で吸収される入射光の割合が高くなり、感度がさらに高くなる。



【0021】請求項5に記載の半導体受光素子では、接合形成層は窓部を含み、窓部を通過した光が光散乱手段によって散乱され、窓部周辺の空乏層で吸収されるため、感度が向上する。

【0022】請求項6に記載の半導体受光素子は、受光部のうち接合形成層が形成されていない部分の面積を大きくしすぎると、空乏層内で吸収される光の減少や接合形成層での抵抗の増大等による感度の低下が生じることに鑑み、受光部のうち接合形成層が形成されていない部分の面積を受光部の面積の40%以下としたものである。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0024】図1を参照して、この発明をフォトダイオードに適用した場合の一実施形態について説明する。この実施形態は、特に、光散乱手段として光吸収層表面の凹凸構造を用いたショットキー障壁型フォトダイオードに関するものであり、図1(a)は平面図、図1(b)は図1(a)のX-Y方向の端面図である。

【0025】図1に示すショットキー障壁型フォトダイオード10は、たとえば、 n^+ -SiCからなる基板12と、基板12の一方主面に形成された n^+ -SiCからなる光吸収層14と、光吸収層14上の周辺部に形成された SiO_2 からなる絶縁膜16と、絶縁膜16上の一部および光吸収層14の光入射面17の一部に形成されたショットキー電極20と、基板12の他方主面に形成された裏面電極24と、ショットキー電極20に接続された引き出し電極26とを備える。

【0026】また、ショットキー電極20は、間隔W1で平行して形成された幅W2の短冊状の窓部22を有し、光吸収層14の一部分であって窓部22に対応する部分には、凹凸構造18が形成されている。

【0027】ここで、図1(a)に示した受光部28は、光吸収層14とショットキー電極20との接触部分および窓部22が形成されている部分を含み、この受光部28に入射した光が電流として検知される。

【0028】なお、 n^+ -SiCからなる基板12は、たとえば厚さ300 μm で不純物濃度が $1 \times 10^{19} cm^{-3}$ 、 n^+ -SiCからなる光吸収層14は、たとえば厚さが10 μm で不純物濃度が $1 \times 10^{16} cm^{-3}$ 以下のものを用いる。また、凹凸構造18は、光吸収層14の表面に形成された略0.1 μm 以下の微小な凹凸によって構成され、ショットキー電極20、裏面電極24、引き出し電極26はそれぞれ、銀、ニッケル、金等の金属によって形成される。

【0029】図1に示すショットキー障壁型フォトダイオード10では、フォトダイオードに入射する光のうち、ショットキー電極20を透過して光吸収層14に到達する光とショットキー電極20を透過しないで光吸収



層 1 4 に到達する光とが、光吸収層 1 4 において電子正孔対を形成するため、ショットキー電極 2 0 で吸収されて損失となる入射光が従来のフォトダイオードよりも少なく、感度が向上する。

【0030】さらに、ショットキー電極 2 0 を透過しないで光吸収層 1 4 に到達する入射光が光吸収層 1 4 の一部に形成された凹凸構造 1 8 によって散乱されることによって、以下に述べるように、より感度が向上する。

【0031】図 2 は、ショットキー障壁型フォトダイオード 1 0 に入射した光が凹凸構造 1 8 によって散乱されることを示す図解図である。図 2 (a) のように凹凸構造に垂直に光が入射した場合であっても、図 2 (b) のように斜めに光が入射した場合であっても、入射光は凹凸構造 1 8 によって散乱され、ショットキー電極 2 0 近傍の光吸収層 1 4 に形成される空乏層 3 0 で吸収されやすくなる。空乏層 3 0 で吸収された光によって発生する電子正孔対は、再結合等することなく速やかに分離されるため、感度が向上することとなる。なお、空乏層 3 0 の大きさは、光吸収層 1 4 の不純物濃度、バイアス電圧等によって変化するが、凹凸構造 1 8 によって入射光が散乱され、空乏層で吸収される割合が高くなることに変わりはない。

【0032】図 3 は、図 1 の実施形態において、受光部 2 8 の面積に占める窓部 2 2 の面積の割合と感度との関係を示すグラフである。窓部 2 2 の面積の割合は、窓部 2 2 の間隔 W 1 および幅 W 2 を変更することによって変化させた。グラフ中で、横軸の値が 0 の場合が、従来構造のショットキー障壁型フォトダイオードに対応している。

【0033】図 3 に示すように、窓部 2 2 の面積を受光部 2 8 の面積の略 4 0 % 以下とした場合には、従来構造のものより感度が高くなる。また、窓部 2 2 の面積を受光部 2 8 の面積の略 1 2 % 以上 2 9 % 以下とした場合には、従来構造のものより 5 % 以上感度が高くなる。さらに、窓部 2 2 の面積を受光部 2 8 の面積の略 2 0 % としたときに感度が最大となり、従来構造に比べて略 6 % 感度が向上する。なお、受光部 2 8 の面積に占める窓部 2 2 の面積と感度との関係は、窓部 2 2 の形状、光吸収層 1 4 に用いられる半導体材料の種類、凹凸構造 1 8 の形状等によってさまざまに変化するため、図 3 は、その中の一例を示しているにすぎない。

【0034】図 4 を参照して、図 1 に示したショットキー障壁型フォトダイオード 1 0 の製造方法の一例を説明する。

【0035】まず、図 4 (a) に示すように、厚さ 3 0 0 μm で不純物濃度 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ の $\text{n}^+\text{-Si}$ からなる基板 1 2 上に、不純物濃度 $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ のアンダー $\text{n}^+\text{-Si}$ からなる光吸収層 1 4 を 1 0 μm の厚さまでエピタキシャル成長させ、その後、光吸収層 1 4 上に SiO_2 からなる絶縁膜 1 6 をスパッタリング



(4)

特開平 1 1 - 1 9 5 8 1 0

6

等によって 0. 2 μm の厚さに形成する。ここで、基板 1 2 は、6 H - S i C の (0 0 0 1) S i 面から [1 1 - 2 0] 方向に 3 度オフした基板である。

【0036】次に、図 4 (b) に示すように、フォトリソ工程およびエッチング工程によって絶縁膜 1 6 の一部を選択的に除去する。このとき、絶縁膜 1 6 を除去する部分は、凹凸構造 1 8 が形成される部分であり、たとえば図 1 の実施形態においては凹凸構造 1 8 に対応する部分の絶縁膜 1 6 が短冊状に除去される。

10 【0037】続いて、絶縁膜 1 6 をマスクとして、R I E 法 (Reactive Ion Etching 法) を用いて、光吸収層 1 4 を 0. 1 μm 程度エッチングする。反応条件としては、たとえば、反応性ガスとして流量 7 0 s c c m の C F₄ および流量 8 0 s c c m の O₂ ガスを用い、反応圧力 2 0 P a 、放電出力 2 0 0 W の条件で、所定の時間エッチングを行えばよい。これによって、図 4 (c) に示すように、絶縁膜 1 6 が形成されていない部分に対応する光吸収層 1 4 の一部に、凹凸構造 1 8 が形成される。

20 【0038】さらに、図 4 (d) に示すように、フォトリソ工程およびエッチング工程によって、ショットキー電極 2 0 が形成される部分の絶縁膜 1 6 を選択的に除去する。

【0039】次に、図 4 (e) に示すように、凹凸構造が形成されていない光吸収層 1 4 の光入射面 1 7 上の一部および絶縁膜 1 6 上の一部に銀からなるショットキー電極 2 0 を選択的に形成した後、基板 1 2 の裏面側にニッケルからなる裏面電極 2 4 を形成し、図示はしていないがショットキー電極 2 0 に引き出し電極 2 6 を接続する。光吸収層 1 4 上でショットキー電極 2 0 が形成されていない部分は、窓部 2 2 となる。ショットキー電極を選択的に形成する方法としては、パターン化されたフォトレジスト上に銀を蒸着した後、フォトレジストをリフトオフすればよい。なお、ショットキー電極の厚さは、ショットキー電極を厚くすることによる光吸収の増大と、薄くすることによる抵抗の増加を考慮し、0. 1 ~ 0. 2 μm 程度とするのが好ましい。

30 【0040】このようにして、ショットキー障壁型フォトダイオード 1 0 が形成される。この実施形態のショットキー障壁型フォトダイオード 1 0 は、光吸収層 1 4 としてバンドギャップが 2. 9 e V (3 0 0 K) の 6 H - S i C を用いており、2 7 0 n m に感度のピークを有するフォトダイオードとなる。このようなフォトダイオードは、火災センサー、火災報知器、日焼け警報器等に用いられる。この発明は、光吸収層以外での光吸収を少なくすることにより感度を高めるものであり、この実施形態のように、ショットキー電極での光吸収が大きくなる紫外光領域に感度ピークを有するフォトダイオードにおいて特に好適である。

40 【0041】図 5 を参照して、この発明の他の実施形態について説明する。この実施形態は、特に、光散乱手段

50



としてアモルファス領域を用いたショットキー障壁型フォトダイオードに関するものであり、図5(a)は平面図、図5(b)は図5(a)のX-Y方向の端面図である。

【0042】図5に示すショットキー障壁型フォトダイオード10aは、図1のショットキー障壁型フォトダイオード10と比較して、窓部22に対応する部分には光吸収層14上にアモルファス領域32が形成され、光吸収層14とアモルファス領域32との界面は凹凸形状を有する点で異なる。但し、その他の構造については同様であるので、重複する説明は省略する。なお、アモルファス領域32は、たとえばアモルファスのSiCである。

【0043】図5に示すショットキー障壁型フォトダイオード10aでは、図1のショットキー障壁型フォトダイオード10と同様に、ショットキー電極20で吸収されて損失となる入射光が従来のフォトダイオードよりも少なく、感度が向上する。

【0044】さらに、ショットキー電極20を透過しないで光吸収層14に到達する入射光が、光吸収層14の一部に隣接して形成されたアモルファス領域32によって散乱されるため、より感度が向上する。

【0045】図6は、ショットキー障壁型フォトダイオード10aに入射した光がアモルファス領域32によって散乱されることを示す図解図である。アモルファス領域32は、構造が不均一であるため、これに入射した光はアモルファス領域32内で散乱される。また、光吸収層とアモルファス領域32との界面が凹凸形状を有するため、この界面においても光が散乱される。したがって、図6(a)のように凹凸構造に垂直に光が入射した場合であっても、図6(b)のように斜めに光が入射した場合であっても、入射光は散乱され、ショットキー電極20近傍の光吸収層14に形成される空乏層30で吸収されやすくなる。空乏層30における光吸収によって発生した電子正孔対は、再結合することなく速やかに分離されるため、感度が向上することとなる。

【0046】図7は、この実施形態において、受光部28の面積に占める窓部22の面積の割合と感度との関係を示すグラフである。窓部22の面積の割合は、窓部22の間隔W1および幅W2を変更することによって変化させた。グラフ中で、横軸の値が0の場合が、従来構造のショットキー障壁型フォトダイオードに対応している。

【0047】図7に示すように、窓部22の面積を受光部28の面積の略40%以下とした場合には、従来構造のものより感度が高くなる。また、窓部22の面積を受光部28の面積の略13%以上27%以下とした場合には、従来構造のものより5%以上感度が高くなる。さらに、窓部22の面積を受光部28の面積の略20%としたときに感度が最大となり、従来構造に比べて略6%感

(5)



特開平11-195810

8

度が向上する。なお、図7は、図3と同様に感度の変化の一例を示しているにすぎない。

【0048】図8を参照して、図5に示したショットキー障壁型フォトダイオード10aの製造方法の一例を説明する。

【0049】まず、図8(a)に示すように、厚さ300μmで不純物濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ のn⁺-SiCからなる基板12上に、不純物濃度 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ のアンダーp⁺-SiCからなる光吸収層14を10μmの厚さまでエピタキシャル成長させ、その後、光吸収層14上にSiO₂からなる絶縁膜16をスパッタリング等によって0.2μmの厚さに形成する。ここで、基板12は、6H-SiCの(0001)Si面から[11-20]方向に3度オフした基板である。

【0050】次に、図8(b)に示すように、フォトリソ工程およびエッチング工程によって絶縁膜16の一部を選択的に除去する。このとき、絶縁膜16を除去した部分には、アモルファス領域32が形成されることとなるため、たとえば図5の実施形態においてはアモルファス領域32に対応する部分の絶縁膜16が短冊状に除去される。

【0051】続いて、図8(c)に示すように、絶縁膜16をマスクとして、水素、アルゴン、窒素、酸素等のイオンを光吸収層14の0.2ないし0.3μmの深さにイオン注入することによって、絶縁膜16が形成されていない部分に対応する光吸収層14の一部をアモルファス化し、アモルファスのSiCからなるアモルファス領域32を形成する。このとき、注入されるイオンの深さは一定とはならないため、アモルファス領域32と光吸収層との界面はなめらかな平面とはならず、不均一な凹凸が形成される。

【0052】さらに、図8(d)に示すように、フォトリソ工程およびエッチング工程によって、ショットキー電極20が形成される部分の絶縁膜16を選択的に除去する。

【0053】次に、図8(e)に示すように、光吸収層14の光入射面17上の一部および絶縁膜16上の一部に銀からなるショットキー電極20を選択的に形成した後、基板12の裏面側にニッケルからなる裏面電極24を形成し、図示はしていないがショットキー電極20に引き出し電極26を接続する。光吸収層14上でショットキー電極20が形成されていない部分は、窓部22となる。ショットキー電極20の形成方法および膜厚については、図4(e)で説明したものと同様である。

【0054】このようにして、ショットキー障壁型フォトダイオード10aが形成される。

【0055】以上、この発明の実施形態について例を挙げて説明したが、この発明は上記実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づいた他のさまざまな形態で実施することができる。



【0056】たとえば、上記実施形態では、ショットキー接合型フォトダイオードについて説明したが、 $p\text{-}i\text{-}n$ フォトダイオードや $p\text{-}n$ フォトダイオードにおいても、この発明を実施できる。すなわち、 $p\text{-}i\text{-}n$ フォトダイオード等の場合は、図4(e)または図8(e)において、選択的にショットキー電極20を形成するかわりに、光吸収層と異なる導電型の半導体層を選択的に形成すればよい。 $p\text{-}i\text{-}n$ フォトダイオード等においても、ショットキー障壁型ダイオードにおいても、接合形成層が受光部の一部にのみ形成されるため、接合形成層での光の損失が少なくなり、感度が向上する。なお、光吸収層と異なる導電型の半導体層を光吸収層上の一部分に選択的に形成する方法としては、 SiO_2 等をマスクとしてドーパントを注入する方法等を用いればよい。

【0057】また、上記実施形態では光吸収層として $n\text{-SiC}$ を用いたが、真性または p 型の半導体を用いても良く、また、 Si 、 GaN 、 InP などの他の半導体材料を用いても良い。

【0058】さらに、上記実施形態ではショットキー電極として紫外光の吸収の少ない銀を用いたが、光吸収層とショットキー接合を形成する金属であれば、検知する光の波長に応じて、適宜、金、モリブデン、チタン、タングステン等の材料を選択して用いることができる。

【0059】また、上記実施形態では、光吸収層として 6H-SiC を用いたが、他の半導体材料を用いても良い。たとえばバンドギャップが 2.2eV (300K)である 3C-SiC を用いることによって波長が 520nm 以下の光に対応したフォトダイオードが形成でき、火災報知器、火災センサー、青色センサー等に用いることができる。また、バンドギャップが 3.2eV (300K)である 4H-SiC を用いることによって波長が 340nm 以下の光に対応したフォトダイオードが形成でき、紫外線光数光量モニター、日焼け警報器等に用いることができる。

【0060】さらに、上記実施形態では、光吸収層の光入射面側の一部に接合を形成する形態として、窓部を有するショットキー電極を形成する場合について示したが、他の方法、たとえばくし形等の形状のショットキー電極を用いてもよく、また窓部の形状および数についてはいかなるものであってもよい。なお、ショットキー電極が形成されていない部分と形成されている部分との境界線に近いほど、入射した光が散乱によって空乏層に入射する割合が高くなるため、ショットキー電極が形成されていない部分と形成されている部分との境界線が長い電極構造とした方が有利である。したがって、正方形状 *

* または円状等の微小な窓部が多数形成されている方が感度が高くなる。

【0061】

【発明の効果】この発明によれば、光吸収層以外の部分での光吸収を減少させることによって、感度の高い半導体受光素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態を示す図解図であり、(a)は平面図、(b)は端面図である。

10 【図2】図1の実施形態における凹凸構造の機能を示す図解図であり、(a)は垂直に入射した光に対する機能、(b)は斜めに入射した光に対する機能を示す図解図である。

【図3】図1の実施形態における、受光部の面積に占める窓部の面積の割合と、感度との関係を示すグラフである。

【図4】図1の実施形態の製造プロセスの一例を示す工程図である。

20 【図5】この発明の他の実施形態を示す図解図であり、(a)は平面図、(b)は端面図である。

【図6】図5の実施形態におけるアモルファス領域の機能を示す図解図であり、(a)は垂直に入射した光に対する機能、(b)は斜めに入射した光に対する機能を示す図解図である。

【図7】図5の実施形態における、この実施形態における受光部の面積に占める窓部22の面積の割合と、感度との関係を示すグラフである。

【図8】図5の実施形態の製造プロセスの一例を示す工程図である。

30 【図9】従来のフォトダイオードの一例を示す図解図である。

【符号の説明】

10、10a	ショットキー障壁型フォトダイオード
12	基板
14	光吸収層
16	絶縁膜
17	光入射面
18	凹凸構造
40 20	ショットキー電極
22	窓部
24	裏面電極
28	受光部
30	空乏層
32	アモルファス領域

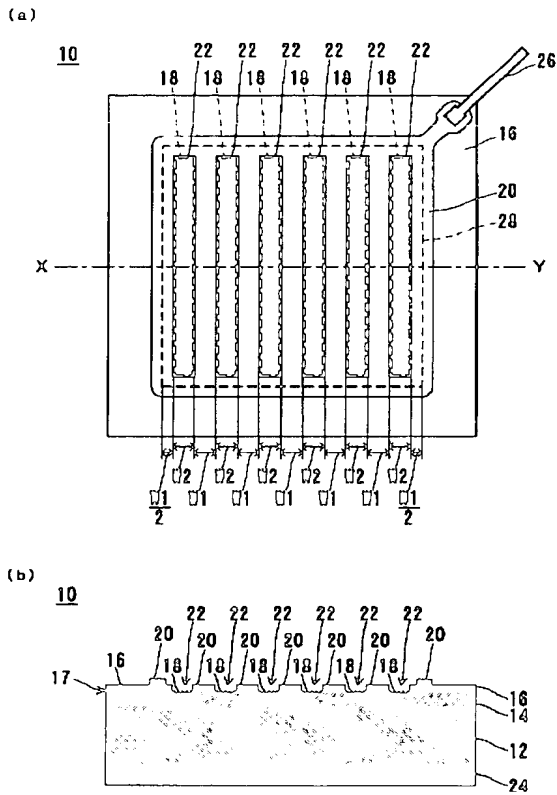


(7)

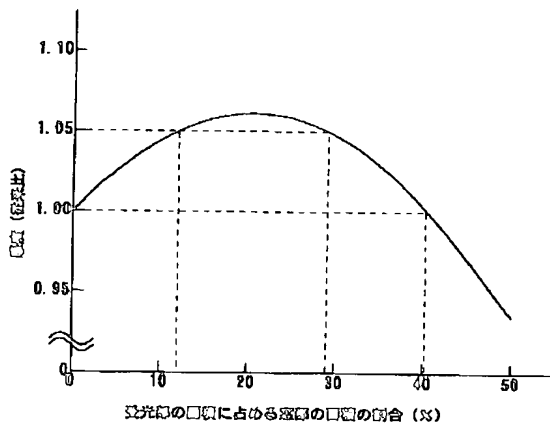


特開平 1 1 1 9 5 8 1 0

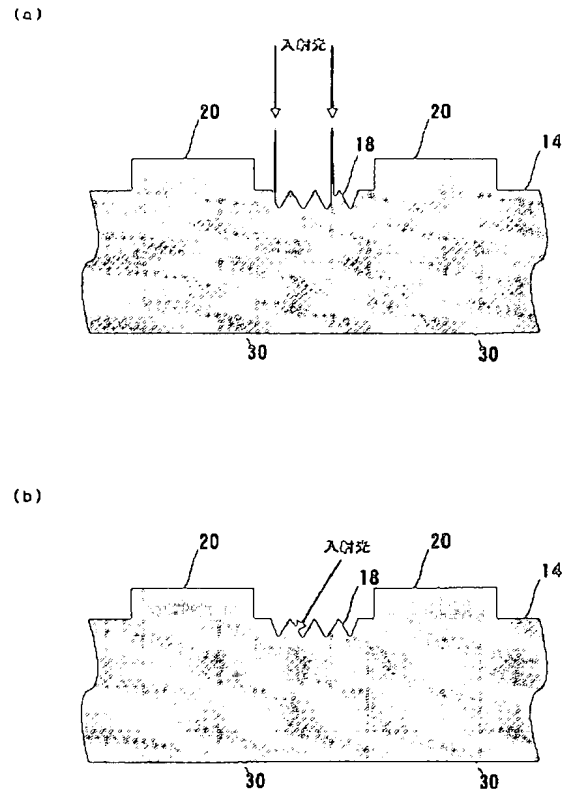
【図 1】



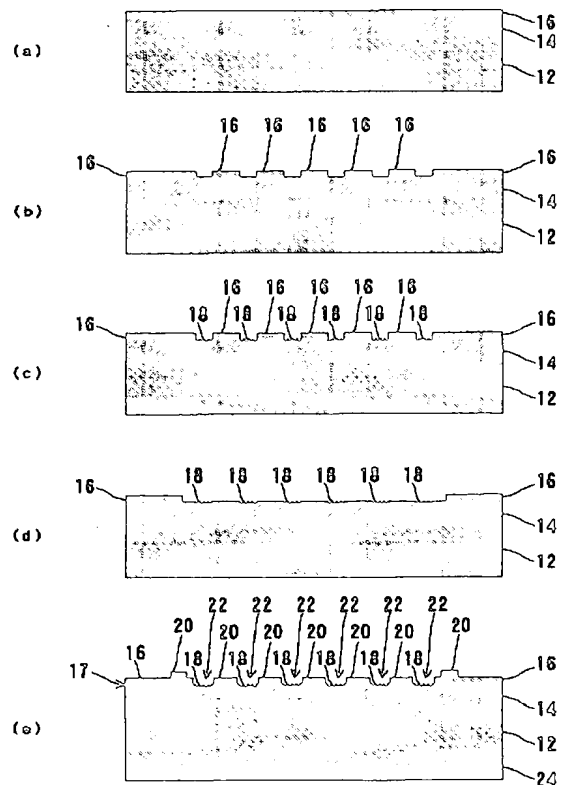
【図 3】



【図 2】



【図 4】





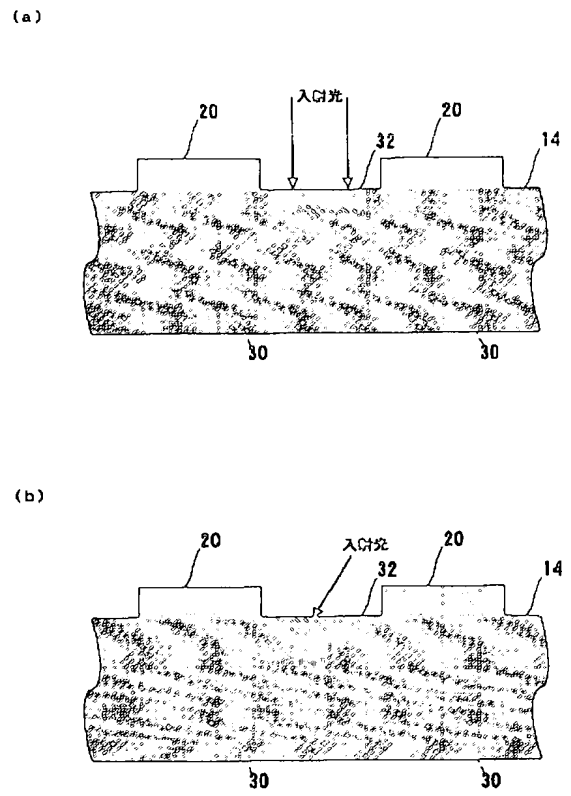
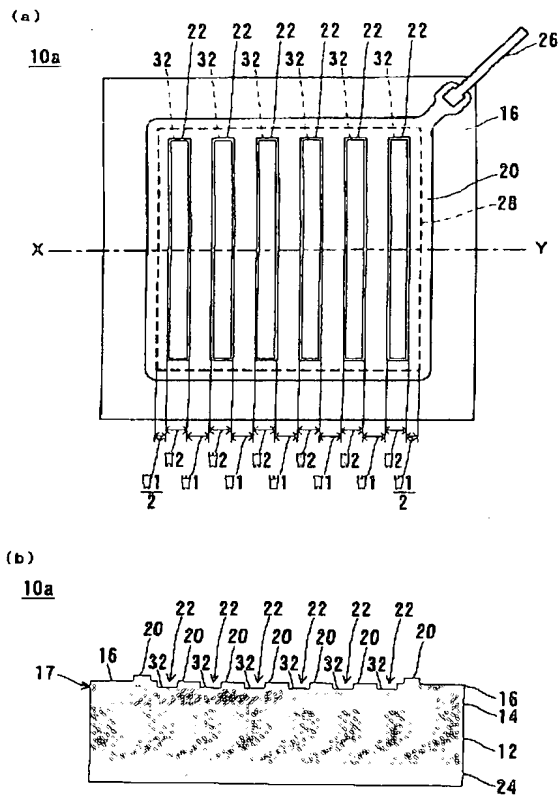
(8)



特開平 1 1 - 1 9 5 8 1 0

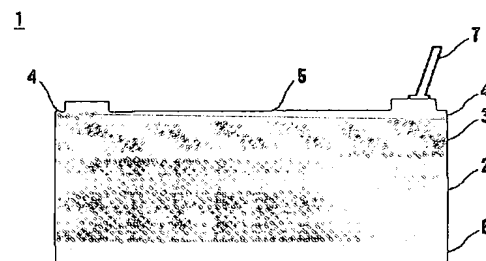
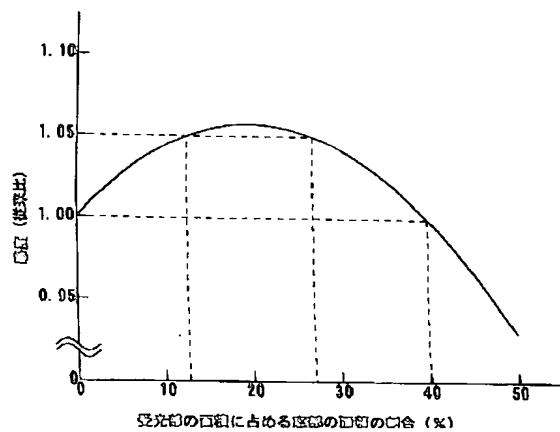
【図 5】

【図 6】



【図 7】

【図 9】



【図 8】

